

DEVICE FOR EVALUATING PATTERN SHAPE

Publication number: JP61138107 (A)

Publication date: 1986-06-25

Inventor(s): ISHIKAWA KATSUHIKO +

Applicant(s): HITACHI LTD +

Classification:


- international: **G01B15/00; G01B15/04; H01L21/66; G01B15/00; H01L21/66;**
(IPC1-7): H01L21/66


- European: G01B15/04

Application number: JP19840259139 19841210

Priority number(s): JP19840259139 19841210

Also published as:

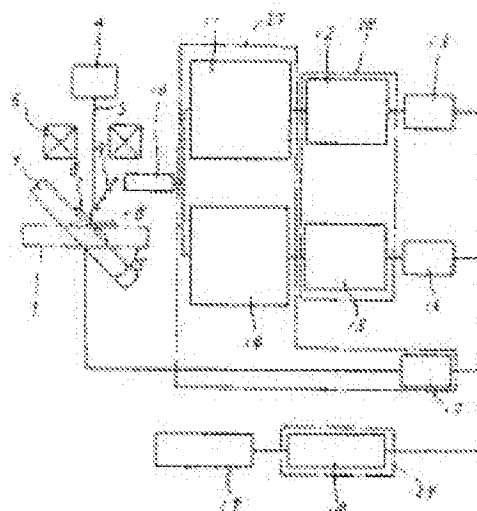
 **JP6021784 (B)**

 **JP1894083 (C)**

Abstract of JP 61138107 (A)

PURPOSE: To improve the accuracy of evaluation by storing the respective two-dimensional images of a sample corresponding to the respective irradiation angle of electron rays which are made variable, together with irradiation angles and determining the specific three-dimensional element of the pattern shape of the sample in accordance with the size and irradiation angle at the prescribed point.

CONSTITUTION: The electron rays 5 are converged onto the sample 8 on a freely rotatable sample table 7 by an electron lens 6 and the secondary electron rays 9 thereof are detected by a detector 10. The secondary electron image of the case in which the table 7 is horizontal is stored into a pattern memory 11. The prescribed length at the prescribed point such as step with respect to the region of the pattern image separated by the memory 11 is calculated by an arithmetic part 12 and is stored into a numerical memory 13. The table 7 is then rotated by an angle phi and similarly the secondary electron ray image is stored into a pattern memory 14. The prescribed length at the prescribed point is calculated and is stored into a numerical memory 16. The angle phi is stored into a numerical memory 17. The height, etc. of the pattern are determined in accordance with the outputs from the memories 13, 16, 17.



Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 昭61-138107

⑬ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和61年(1986)6月25日

G 01 B 15/04
H 01 L 21/66

8304-2F
7168-5F

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑮ 発明の名称 パターン形状評価装置

⑯ 特 願 昭59-259139

⑰ 出 願 昭59(1984)12月10日

⑱ 発 明 者 石 川 勝 彦 小平市上水本町1450番地 株式会社日立製作所デバイス開発センタ内

⑲ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

⑳ 代 理 人 弁理士 高橋 明夫 外1名

明 細 書

発明の名称 パターン形状評価装置

特許請求の範囲

1. 試料台に載置された試料を電子線によって走査し、それによって得られる情報信号に基づいて試料の二次元像を形成する電子光学系を有する装置において、前記電子線の前記試料に対する照射角を可変自在な構成とし、さらに前記照射角の夫々に対応して得られる前記試料の各二次元像を当該照射角と共に記憶するメモリ部と、このメモリ部に記憶した二次元像から前記試料のパターン形状の所定箇所の寸法を算出し出力する第1の演算部と、この第1の演算部の出力と前記メモリ部に記憶した照射角とに基づいて前記試料のパターン形状の三次元特定要素を求め出力する第2の演算部とを備えたことを特徴とするパターン形状評価装置。

2. 前記試料台の傾きを可変させることにより前記照射角を可変させてなる特許請求の範囲第1項記載のパターン形状評価装置。

3. 前記試料のパターン形状の三次元特定要素として、パターン段差部の傾斜角やパターンの高さなどを用いてなる特許請求の範囲第1項又は第2項記載のパターン形状評価装置。

発明の詳細な説明

〔技術分野〕

本発明はパターン形状評価装置に関し、特に半導体集積回路の微細パターン形状の高精度評価に好適なパターン形状評価装置に関するものである。

〔背景技術〕

従来、パターン形状を評価する場合、たとえば第4図に示すように下地材であるウエハ1上に形成されたパターン2の形状を評価する場合、高さ方向の情報としてのパターンエッジ部の角度3をパターン形状評価のパラメータの一つとしている。そのためパターンエッジ部の角度3を求める必要がある。

ところが、一般にLSI製造工程においては、パターン2の高さ(厚さ)は1 μ m程度、パターン2の幅は2 μ m程度であるため、実物の断面図

を光学顕微鏡（分解能 $0.2 \sim 0.3 \mu\text{m}$ ）でみただけでは角度 θ を求めることができない。

そこで、LSI製造工程におけるパターン形状評価では、評価すべきパターンを有するもの（パターンの断面試料）を走査電子顕微鏡（たとえば分解能 $0.01 \mu\text{m}$ ）によって、たとえば10,000倍に拡大した像を得て、その画面に対して角度 θ を実測し、これによりパターン形状評価をしている。

しかしながら、このようにして微細パターン形状を評価する場合には次のような問題点がある。

先ず、パターン形状を評価するには、断面形状が要求されるため、評価すべきウェハを破壊して試料を作る必要がある。従って走査電子顕微鏡を用いて評価した試料は、そのまま捨てることになるため、製品実物の評価を行なうことができない。

更に、走査電子顕微鏡による観察技術では、パターン評価は得られた写真を解釈するという作業が伴うため、非能率的であり、かつ作業者起因の誤差が大きい。

〔発明の概要〕

本願において開示される発明のうち代表的なものの概要を簡単に説明すれば、下記のとおりである。

すなわち、高分解能（たとえば $0.01 \mu\text{m}$ ）の電子線走査方式を用いて高精度に、しかも電子線の試料に対する照射角を可変させて得られる試料のパターンの各平面像（二次元の電子像）から、パターン形状の所定箇所の寸法を算出し、この寸法と前記照射角に基づいて試料の三次元特定要素（パターン段差部の傾斜角やパターンの高さなど）を求め、これによりパターン形状、たとえばサブミクロン加工における微細パターン形状の能率的な高精度評価を実現するものである。

〔実施例〕

第1図は本発明によるパターン形状評価装置の一実施例を示すものである。

本発明をLSI製造工程におけるウェハ上の微細パターンの形状評価を行なう場合に適用して、以下本発明を第1図～第3図を用いて説明する。

なお、走査電子顕微鏡における距離測定装置の公知例として特開昭56-61604号公報がある。

〔発明の目的〕

本発明の目的は、製品ないしは製品に使われるものとしての実物のパターン形状、特に微細パターン形状を高精度に評価できるようにしたパターン形状評価装置を提供することにある。

本発明の他の目的は、パターン形状評価に必要な三次元特定要素（立体形状を特定するために二次元要素の他に付加される要素）、たとえばパターン段差部の傾斜角やパターンの高さ等（高さ方向の情報）を自動的に、しかも高精度に求めることができ、従ってパターン形状評価をきわめて能率的に行なうことができ、従来のような作業者起因の誤差を除去するようにしたパターン形状評価装置を提供することにある。

本発明の前記ならびにそのほかの目的と新規な特徴は、本明細書の記述及び添付図面から明らになるであろう。

試料に対して電子線（電子ビーム）を走査し、それによって得られる情報信号に基づいて試料の二次元像を形成する電子光学系を有する装置として、たとえば走査電子顕微鏡を適用することができる。そして電子銃4からの電子線5は、電子レンズ（収束レンズ）6によって試料台7上の試料（ウェハ上に微細穴パターン（又は微細山谷パターン）を形成したもの）8に収束されると共に図示しない電子線偏向回路によって試料8上で走査される。このとき試料8より二次電子9が発生し、二次電子検出器10に収集される。ここで試料台7は回転自在に構成されており、電子線5の試料8に対する照射角を自由に可変できるようになっている。

二次電子検出器10よりも後段の構成は、本発明において走査電子顕微鏡を使用した場合にも特に付加されるものである。パターンメモリ11には試料台7が破線で示す水平位置にある場合の試料8に対する二次電子像（微細パターンの平面像）が記憶される。従って試料8のパターンが穴パタ

ーン（又は山谷パターン）の場合には（穴パターンの場合も山谷パターンの場合も断面形状としてはたとえば第2図(a)の如く示されとする。）、パターンメモリ11には第2図(b)に示す穴パターン像（又は第2図(a)に示す山谷パターン像）が記憶されることになる。ここで、パターンメモリ11は普通8ビットの階調を有しているため、第2図(b)の穴パターン像（又は第2図(c)の山谷パターン像）の底部21と段差部22とは異なる明暗輝度の領域として明確に分離されるが、底部21と段差部22は夫々明暗輝度一定の別領域を形成している。

演算部12はパターンメモリ11に接続されており、パターンメモリ11で分離されたパターン像の領域に対して第2図(b)に示す基準線23（又は第2図(a)に示す基準線24）に沿って所定箇所、即ち段差部22の所定の長さ l_1 、 l_2 を求める演算を行ない、その算出値 l_1 、 l_2 を数値メモリ13に記憶する。

次に試料台7を角度 ϕ だけ回転させて、微線

定の長さ t 、 s を演算により求め、これを数値メモリ16に記憶する。

一方、試料台7の回転角 ϕ 即ち照射角 ϕ が数値メモリ17に記憶される。

次にパターンエッジ部（段差部）の傾斜角 θ やパターンの高さ h などを求める演算回路18の機能について説明する前に、これらのパターン段差部の傾斜角 θ やパターンの高さ h は如何なる演算により算出されるかについて第2図、第3図を用いて詳述する。

試料台7が水平位置に配置されている場合の第2図(b)又は第2図(a)の平面像において、パターン段差部22の斜面の長さを a 、測定寸法 l_1 、 l_2 を $l_1 = l_2 = l$ とすると、パターン段差部22の傾斜角 θ とパターンの高さ h とから次の関係式が得られる。

$$a \sin \theta = l \quad \text{--- (1)}$$

$$a \cos \theta = h \quad \text{--- (2)}$$

また試料台7の回転角 ϕ の場合の第3図(b)又は(a)の平面像から、測定寸法 t 、 s につい

て水平位置から実線で示す状態まで傾ける。この場合の試料8の微細穴パターン（又は山谷パターン）の断面形状の要部は第3図(a)の如く示される。傾斜させた試料8に対して電子線走査して得られる二次電子検出器10の出力はパターンメモリ14に試料8の微細パターンの平面像（二次電子像）として記憶される。ここでパターンメモリ14に記憶される平面像は穴パターンの場合は第3図(b)に示す如く（山谷パターンの場合は第3図(c)に示す如く）なる。また、このパターンメモリ14は普通8ビットの階調を有しているため第3図(b)（又は第3図(a)）において穴パターン像の穴部（又は山谷パターン像の谷部）の底部21と段差部22とは異なる明暗輝度の領域として明確に分離され、底部21と段差部22は夫々明暗輝度一定の領域を形成している。

演算部15はパターンメモリ14に接続されており、このメモリ14で分離された領域を第3図に示す基準線25（又は第3図(a)に示す基準線26）に沿って所定箇所、即ち段差部22の所

で次の関係式が成立つ。

$$a \sin (\theta + \phi) = t \quad \text{--- (3)}$$

$$a \cos (\theta - \phi) = s \quad \text{--- (4)}$$

上記(1)式～(4)式で l 、 t 、 s は測定値であり、試料台7の傾斜角 ϕ は試料台7の回転角で決めることができ、測定時に指定できるので、既知の値である。なお、通常 l_1 と l_2 は等しい値であるが、 l として l_1 と l_2 の相加平均を用いることもできる。

(1)式と(2)から

$$\tan \theta = l / h \quad \text{--- (5)}$$

となる。また(3)式を分解すると、

$$a (\sin \theta \cos \phi + \cos \theta \sin \phi) = t \quad \text{--- (6)}$$

となり、この(6)式に(1)、(3)式を代入すると、

$$l \cos \phi + h \sin \phi = t \quad \text{--- (7)}$$

$$\therefore h = (t - l \cos \phi) / \sin \phi \quad \text{--- (8)}$$

となる。(8)式を(5)式に代入して、

$$\tan \theta = \frac{l \sin \phi}{t - l \cos \phi} \quad \text{--- (9)}$$

となり、この(9)式に z 、 t 、 ϕ を与えてやれば、

$$\theta = \tan^{-1} \frac{z \sin \phi}{t - z \cos \phi} \quad \cdots (10)$$

として段差部22の傾斜角 θ を求められる。

また(4)式を分解すると、

$$s (\cos \theta \cos \phi + \sin \theta \sin \phi) = s \quad \cdots (11)$$

となり、この(11)式に(1)式、(2)式を代入して、

$$h \cos \phi + z \sin \phi = s \quad \cdots (12)$$

$$\therefore h = (s - z \sin \phi / \cos \phi) \quad \cdots (13)$$

を得る。この(13)式を(5)式に代入して、

$$\tan \theta = \frac{z \cos \phi}{s - z \sin \phi} \quad \cdots (14)$$

この(14)式に s 、 z 、 ϕ を与えてやれば、

$$\theta = \tan^{-1} \frac{z \cos \phi}{s - z \sin \phi} \quad \cdots (15)$$

となり、段差部22の傾斜角 θ を求められる。

以上から、演算器18に(10)式(9)式)や(15)式((14)式)の演算回路を組み込

んでおけば、演算器18は数値メモリ13、16、17からの出力値(z 、 t 、 s 、 ϕ)を入力して所定のパターン段差部22の傾斜角 θ を求めることができる。なお、パターンの高さ h が以前の工程で得られており即ち即知であり、しかもその後の工程で変化を受けていなければ演算器18に(5)式の演算回路を組み込んでおき、数値メモリ13からの z と外部から演算器18に入力される既知の値 h とから容易に前記傾斜角 θ を求めることができる。

また演算器18に(8)式や(13)式の演算回路を組み込んでおけば、演算器18は数値メモリ13、16、17の出力値(z 、 t 、 s 、 ϕ)にもとづいてパターンの高さ h を算出できることになる。

従って演算器18は必要に応じてパターン段差部22の傾斜角 θ やパターン高さ h を求めるべき(5)式、(8)式、(10)式、(13)式、(15)式などの演算ができるように構成されており、所望のパターン段差部22の傾斜角 θ やパ

ターン高さ h を求めることができるようになって

いる。
次に表示部19は演算器18で算出したパターン段差部22の傾斜角 θ やパターン高さ h を表示する。なお、演算器18で算出した値にもとづいて試料8の自動選別などを行なうのに適宜利用できることはいうまでもない。

ここで、パターンメモリ11、14、17は電子線5の試料8に対する照射角 ϕ に対応して得られる二次元像を照射角 ϕ (回転角 ϕ)と共に記憶するメモリ部27を構成する。また演算器12、15はメモリ部27のパターンメモリ11、14に記憶した二次元像から試料8のパターン形状の所定箇所の寸法(z 、 t 、 s 、 ϕ)を算出する第1の演算部28を構成する。更に演算器18は第1の演算部28で算出した値とメモリ部27の数値メモリ17に記憶した照射角 ϕ (回転角 ϕ)にもとづいて試料8のパターン形状の三次元特定要素を算出する第二の演算部29を構成する。

以上のようにして本発明では、光方式に比べて

高分解能(たとえば $0.01 \mu m$)である電子線走査方式を採用したことによりパターンメモリ11、14に高精度に得られる試料8のパターン(たとえば第2図(b)、第3図(b)の穴パターンや第2図(a)、第3図(a)の山谷パターン(配線パターン))の平面像から高精度に所定箇所の寸法を第1の演算部28により算出でき、第2の演算部29は、これらの寸法値を用いてパターンの形状評価に必要な三次元特定要素(パターン段差部22の傾斜角 θ やパターンの高さ h)を自動的にしかも高精度に算出することができる。第2の演算部29の算出値が表示部19に自動的に表示されるので、試料8のパターン形状の評価を高精度に行なうことができる。従ってLSI製造工程におけるウェハ上の微細パターン形状の評価に好適であるばかりでなく、一般にサブミクロン寸法を有するパターン形状の高精度評価にも好適である。

またパターン形状評価に必要な三次元特定要素を自動的に、かつ高精度に求めることができるか

ら、パターン形状評価をきわめて能率的に行なうことができると共に従来のような作業者に起因する誤差を除去することができる。

〔効果〕

1. 光方式に比べて高分解能（たとえば0.01 μm ）である電子線走査方式を用いたことにより高精度に得られる試料のパターンの平面像から、パターンの形状評価に必要な三次元特定要素（パターン段差部の傾斜角やパターン高さなど）を高精度に求めることができるので、製品ないしは製品に使用されるものとしての実物のパターン形状を高精度に評価することができる。

2. 従ってLSI製造工程におけるウェハ上の微細パターンの形状評価に好適である。またLSI製作に関係なく、一般にパターン形状の評価に適用でき、とりわけ、サブミクロン加工におけるパターン形状の高精度評価に好適である。

3. パターン形状の評価に必要な三次元特定要素を自動的に、しかも高精度に求めることができ、これによりパターン形状評価をきわめて能率的に

行なうことができ、従来のような作業者起因の誤差を除去することができる。

以上、本発明者によってなされた発明を実施例にもとづき具体的に説明したが、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。たとえば、電子線5の試料8に対する照射角を変えるのに、試料台7を回転させて試料8を傾斜させているが、これに限定されることなく試料台7側を固定し、試料に照射される電子線の照射角を直接変えるような電子線制御を行なってもよい。要は電子線の試料に対する照射角を変えられるような構成であればよい。

〔利用分野〕

以上の説明では主として本発明者によってなされた発明をその背景となった利用分野であるLSI製造工程におけるウェハ上の微細パターンの形状評価に適用した場合について説明したが、それに限定されるものではなく、一般にサブミクロン寸法を有するパターン形状など微細パターン形状の

高精度評価に好適であり、更に広く一般のパターン形状評価に適用できる。

図面の簡単な説明

第1図は本発明によるパターン形状評価装置の一実施例を示す構成図である。

第2図(a)～(c)および第3図(a)～(c)は第1図の動作説明図であって、第2図(a)および第3図(a)は尖々試料が水平位置の場合および角度 ϕ だけ傾けた場合の試料の山谷パターンに対するパターンメモリ像（二次電子像）を示す図、第2図(b)および第3図(b)は尖々試料が水平位置の場合および角度 ϕ だけ傾いた場合の試料の穴パターンに対するパターンメモリ像（二次電子像）を示す図、第2図(c)および第3図(c)は水平位置試料の穴パターン又は山谷パターン（配線パターン）の要部断面図である。

第4図は従来のパターン形状評価方法を説明するために用いたLSI製造工程におけるパターン形状の一例を示す断面図である。

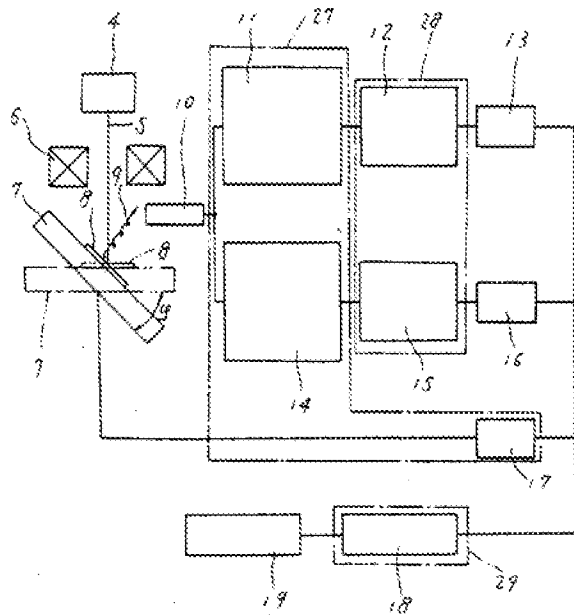
4…電子銃、5…電子線、6…電子レンズ（集

束レンズ）、7…試料台、8…試料、9…二次電子、10…二次電子検出器、11、14…パターンメモリ、12、15、18…演算器、13、16、17…記憶メモリ、19…表示部、22…パターン段差部、27…メモリ部、28…第1の演算部、29…第2の演算部。

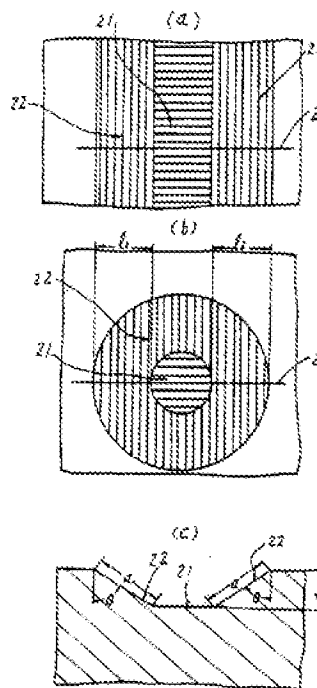
代理人 弁理士 高橋 明夫



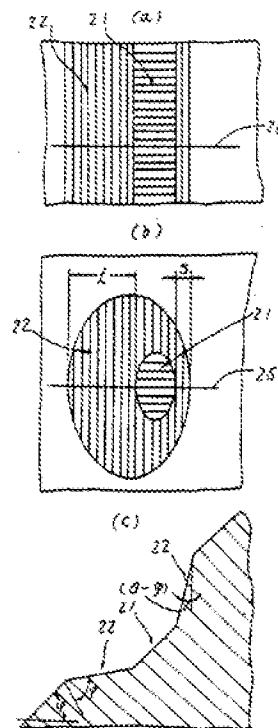
第 1 図



第 2 図



第 3 図



第 4 図

